

ANÁLISIS DE LA PERFORMANCE DE TRES SERVICIOS DE POSICIONAMIENTO GPS ONLINE EN ARGENTINA

PERFORMANCE ANALYSIS OF THREE ONLINE GPS POSITIONING SERVICES IN ARGENTINA

María Eugenia Gomez^{1,2}, Daniel Del Cogliano^{1,2}, Cecilia Lahitte, Mauricio N. Rodriguez Tello

¹ Dto. de Astrometría. Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas
Universidad Nacional de La Plata (UNLP). megomez@fcaglp.unlp.edu.ar

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

RESUMEN

Los servicios de posicionamiento GPS (Global Positioning System) por Internet brindan la posibilidad de obtener coordenadas de calidad centimétrica a partir de un solo receptor simple o doble frecuencia, simplificando significativamente la logística de las tareas necesarias en las aplicaciones clásicas con dos o más receptores.

En este trabajo se presenta un análisis sobre los resultados de tres servicios de posicionamiento online pertenecientes a tres instituciones diferentes. Ellas son: IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística), AUSPOS (Auslig's Online GPS Processing Service) y CSRS (Canada Center For Remote Sensing). AUSPOS utiliza el método de posicionamiento diferencial, valiéndose de las estaciones IGS (International GNSS Service) más cercanas al área de trabajo; IBGE y CSRS devuelven coordenadas resultantes de un Posicionamiento Puntual Preciso (PPP).

La solución SIR11P01 (época 2005.0) de cuatro estaciones GPS de la Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo (RAMSAC), alineada con ITRF2008 (época 2005.0), fue utilizada con el fin de proveer coordenadas y velocidades de referencia para estas estaciones. Las estaciones seleccionadas con el objeto de cubrir gran parte del territorio nacional fueron: La Plata (LPGS), Mercedes-Corrientes (MECO), Universidad Nacional de Salta (UNSA) y Río Grande (RIO2).

El análisis fue realizado sobre las soluciones obtenidas luego de enviar, a cada servicio, paquetes de datos de distinto tiempo de observación (20 min, 1, 3, 6 y 12 horas). Los mismos correspondieron a distintas fechas y diferentes condiciones de envío con el objeto de contrastar, entre otros, los resultados obtenidos mediante el uso de efemérides precisas y rápidas. La comparación de los resultados con los de referencia permitió concluir que el servicio AUSPOS muestra la mayor estabilidad en término de la variabilidad de los errores, mientras que CSRS es el servicio que mejores resultados aporta en términos de la exactitud respecto a la solución de referencia.

Los r.m.s. determinados sobre las coordenadas fueron, en algunos casos, mejor que 5 cm luego de 12 hs de observación.

Palabras claves: servicios de posicionamiento vía Internet, PPP, GPS diferencial

ABSTRACT

Online GPS (Global Positioning System) positioning services provide to the users the chance to obtain coordinates of centimeter quality by means of one single or double frequency GPS receiver, simplifying the logistic of the field work in the classic applications.

In the present work, the analysis of the results of three online positioning services provided by three different institutions is presented. They are: IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística), AUSPOS (Auslig's Online GPS Processing Service) and CSRS (Canada Center For Remote Sensing). AUSPOS applies a differential positioning

method, using the closest IGS (International GNSS Service) stations; IBGE and CSRS coordinates are the result of Precise Point Positioning (PPP).

The solution SIR11P01 (epoch 2005.0, Sanchez y Seitz, 2011), aligned to ITRF 2008 (epoch 2005.0), corresponding to 4 GPS permanent stations of Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo (RAMSAC) was used in order to provide reference coordinates and velocities to these stations. The stations selected in order to cover a significant part of the country were: La Plata (LPGS), Mercedes-Corrientes (MECO), National University of Salta (UNSA) and Rio Grande (RIO2).

The analysis was performed on the solutions obtained after sending data packets with different observation time span (20 min, 1, 3, 6 and 12 hours) to each service. They were sent in different epochs and under different conditions to contrast the results obtained due to the use of rapid and precise ephemeris, among others. The comparison of the results allowed us to conclude that AUSPOS shows greater stability in terms of the variability of errors, while CSRS is the service that provides better results in terms of accuracy. The r.m.s. determined on the coordinates were, in some cases, better than 5 cm after 12 hours of observation.

Keywords: online positioning processing services, PPP, differential GPS

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de posicionamiento global, como GPS, permiten aplicaciones geodésico-topográficas basadas en el procesamiento de datos obtenidos en modo absoluto y relativo. Este último permite obtener coordenadas con precisiones centimétricas, pero requiere de observaciones simultáneas efectuadas con al menos dos receptores.

La disponibilidad de órbitas precisas, modelos ionosféricos y troposféricos de alta calidad, parámetros de reloj de satélites GPS y el acceso generalizado a Internet ha permitido el desarrollo de servicios internacionales de posicionamiento preciso y remoto online con cobertura global. Algunos de ellos permiten el posicionamiento remoto en tiempo real (Ge et al., 2011), mientras que otros brindan posicionamiento remoto en post proceso.

El objetivo de este trabajo es analizar el comportamiento de los últimos en el caso de observaciones aisladas, tomadas en modo estático, por cuatro estaciones GPS permanentes de la República Argentina.

El estudio es realizado sobre las diferencias entre las coordenadas estimadas por los servicios y las de referencia, adoptadas para estos sitios, bajo distintas condiciones de trabajo.

El análisis que se muestra a continuación fue llevado a cabo utilizando tres servicios de posicionamiento online pertenecientes a tres agencias: AUSPOS, CSRS e IBGE.

Cabe mencionar que muchas aplicaciones relacionadas con la Agrimensura, como mensuras rurales, tienen tolerancias que, de acuerdo a lo que se muestra en este estudio, son ampliamente satisfechas por estas herramientas y por lo tanto podrían aplicarse a fines de reducir los costos.

DESCRIPCIÓN DE LOS SERVICIOS ANALIZADOS

Los servicios de posicionamiento GPS online brindan soluciones basadas en métodos diferenciales y absolutos. Los primeros utilizan las mediciones GPS de la estación cuya posición desea establecerse, junto con las observaciones, coordenadas y velocidades de las estaciones de referencia IGS (International Geodetic GNSS Service). Los segundos aplican PPP (Zumberge et al., 2009), directamente sobre los datos provistos por el usuario. En todos los casos, los servicios necesitan disponer de efemérides ultra-rápidas, rápidas ó precisas, proporcionadas por el IGS, conjuntamente con modelos de propagación atmosférica, carga oceánica, velocidades, entre otros, lo que les permite alcanzar precisiones de nivel geodésico.

Los servicios considerados en este trabajo fueron AUSPOS, CSRS-PPP e IBGE-PPP. El primero realiza una solución diferencial, mientras que el resto utiliza PPP. Por comodidad, los últimos serán mencionados según el nombre de la institución responsable.

AUSPOS

Es un servicio australiano de procesamiento GPS diferencial online, a cargo de la Agencia de Mapeo Australiano. Utiliza información de parámetros de relojes GPS y permite trabajar con tres tipos de órbitas, según su disponibilidad: ultra-rápidas, rápidas y precisas. A diferencia de otros servicios, no incluye modelos de carga oceánica en el

procesamiento. Sólo procesa datos GPS colectados por receptores doble frecuencia, únicamente en modo estático y con un mínimo de 1 hora de observación. Provee una solución en la que participa un conjunto de estaciones permanentes, pertenecientes a la red IGS, seleccionadas por el servicio en cada caso.

Las coordenadas finales son expresadas en el marco de referencia internacional, ITRF2008 (Altamimi et al., 2011), para la época de observación de los datos enviados, ó en el Datum Geocéntrico de Australia (GDA; ICSM, 2009), para usuarios australianos. Para más detalle, ver Dawson et al. (2011).

CSRS e IBGE

CSRS (http://www.geod.nrcan.gc.ca/index_e.php) e IBGE (IBGE, 2009) son servicios de procesamiento remoto vía Internet administrados respectivamente por la División de Relevamiento Geodésico de Canadá y el Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística de Brasil. Permiten obtener la posición de una estación a partir de observaciones GPS de simple o doble frecuencia, en modo estático o cinemático, aplicando procesamiento PPP.

Ambos introducen correcciones de carga oceánica según criterios propios. CSRS emplea el modelo FES2004 (Lyard et al., 2006), mientras que IBGE utiliza el mismo modelo en tanto la posición del usuario no exceda los 10 km respecto de una de las estaciones brasileiras de monitoreo continuo.

CSRS, al igual que AUSPOS, utiliza órbitas ultra-rápidas, rápidas y precisas, mientras que IBGE sólo contempla las últimas dos.

OBSERVACIONES Y ENVÍO DATOS

El acceso a los servicios se realiza a través del sitio web oficial de cada organización. Se deben ingresar los archivos de observación en formato RINEX (Receiver Independent Exchange Format) o Compact RINEX, obtenidos a partir de una observación aislada. Además, es necesario especificar el valor de la altura de antena, en metros, referida al ARP (Antenna Reference Point), y el tipo de antena receptora según su denominación NGS (National Geodetic Survey). Los resultados del procesamiento son enviados luego de algunos minutos a la dirección de email provista por cada usuario.

Esta metodología de trabajo no sólo brinda autonomía sino que reduce los costos de utilización de receptores adicionales.

Con el objeto de evaluar la performance de AUSPOS, CSRS e IBGE, se utilizaron archivos de observación de estaciones permanentes pertenecientes a la Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo (RAMSAC) y a la red SIRGAS-CON (Sanchez et al., 2011). Las estaciones seleccionadas LPGS, MECO (sin mediciones desde diciembre de 2012), UNSA y RIO2 (Fig. 1) cuentan con una extensa serie temporal de mediciones de reconocida calidad y cubren parcialmente el territorio nacional. De esta manera, eventuales efectos diferenciales originados por la aplicación de modelos atmosféricos y de mareas terrestres, son potencialmente detectables.

El tipo de órbita es seleccionado por cada servicio de acuerdo con la disponibilidad de estos productos. Es decir que una vez transcurridos 20 días de la fecha de observación, no será posible el procesamiento con efemérides rápidas o ultra-rápidas pues ya estarán disponibles las precisas.

En ese contexto, un conjunto de observaciones correspondientes a los días 15 de Julio de 2011 y 2 de Septiembre de 2012, fueron enviadas al día siguiente de la observación, y nuevamente 15 días después. De esta manera se forzó la utilización de efemérides rápidas y precisas.

Otras observaciones correspondientes a los días 20 de Julio, 15 y 20 de Diciembre de 2011 fueron enviadas en 2012, lo que implicó que el procesamiento fuera realizado únicamente con efemérides precisas.



Figura1: Distribución de las cuatro estaciones GPS donde fueron evaluadas las soluciones provistas por los tres servicios de posicionamiento online.

Figure 1: Distribution of the four GPS stations where the solutions provided by the three online positioning services were evaluated.

Los archivos de las cuatro estaciones permanentes se dividieron en paquetes de datos de 20 minutos, 1, 3, 6 y 12 horas de medición. Los intervalos seleccionados se corresponden con la relación precisión-tiempo publicada por los servicios; de esta manera es posible realizar la comparación inmediata entre los resultados propios y los previstos por éstos.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Como resultado del envío de los distintos paquetes de información, se obtuvieron coordenadas estimadas por los tres servicios, las que fueron comparadas con las de referencia. Las últimas fueron establecidas a partir de las coordenadas y velocidades correspondientes a la solución SIR11P01 (época 2005.0), alineada con ITRF2008 (época 2005.0), para las 4 estaciones.

Debido a que los servicios aquí estudiados proveen la solución expresada en ITRF2008 para la época de observación, la comparación entre estas coordenadas y las de referencia sólo requirió de un cambio de época.

El análisis fue realizado sobre el "Módulo de la Diferencia Espacial entre Soluciones (MDES)", considerando distintos tipos de órbitas, épocas del año y tiempos de medición.

El MDES resulta de las diferencias entre las coordenadas euclidianas provistas por los distintos servicios y las de referencia.

Finalmente, se presenta un análisis sobre el comportamiento de las componentes Norte, Este y Altura.

Estudio realizado a partir de distintos tiempos de observación y tipo de efemérides

De acuerdo con Beutler (2007), la duración de las mediciones ejerce influencia directa en la calidad de las coordenadas resultantes de un procesamiento GPS.

En primera instancia se presenta un análisis de este efecto, bajo el uso de efemérides precisas. Finalmente, se incorporan los resultados obtenidos debidos al empleo de efemérides de inferior calidad.

Se tuvieron en cuenta archivos con intervalos de tiempo de 20 minutos, 3, 6, y 12 hs de información correspondientes a los días 15 y 20 de julio de 2011; 15 y 20 de diciembre de 2011. Como se expuso anteriormente, en el caso de AUSPOS por condicionamientos del mismo servicio, no fue posible procesar archivos con menos de 1 hora de observación (Dawson et al., 2011).

Los resultados generados a partir de los servicios AUSPOS, CSRS e IBGE son representados en las Figuras 2, 3 y 4, respectivamente. El módulo de la diferencia entre la solución provista por el servicio y las coordenadas de referencia se grafican puntualmente para cada período de observación. En todas las figuras, las líneas que unen estos puntos se muestran sólo para poner en evidencia la progresión de las diferencias.

Puede observarse que la posición obtenida difiere de la solución SIR11P01 en menos de 10 cm luego de las 6 hs de observación. Esto se aprecia para las 4 épocas, para todos los servicios y las 4 estaciones permanentes consideradas.

En todos los casos IBGE y AUSPOS son los servicios que presentan las diferencias más grandes para intervalos de tiempo que no superen la hora de observación. El servicio CSRS arroja, en todos los casos, diferencias menores a 15 cm para 1 hora de observación.

A excepción de algunas soluciones obtenidas con IBGE para 1 hora de medición o menos, las diferencias más altas se presentaron en las estaciones LPGS y UNSA.

CSRS e IBGE presentan un comportamiento marcadamente distinto cuando el tiempo de toma de datos es inferior a 3 horas, con mejor performance del primero.

Luego de las 6 hs de observación, AUSPOS se comporta de acuerdo con lo publicado por Dawson et al. (2011) y Koschel (2009) quienes indican un aumento en la calidad de la solución para esos intervalos de tiempo. El mismo comportamiento se advierte para los servicios CSRS e IBGE luego de 3 hs de observación, siendo estos valores consistentes con lo publicado en sus sitios web.

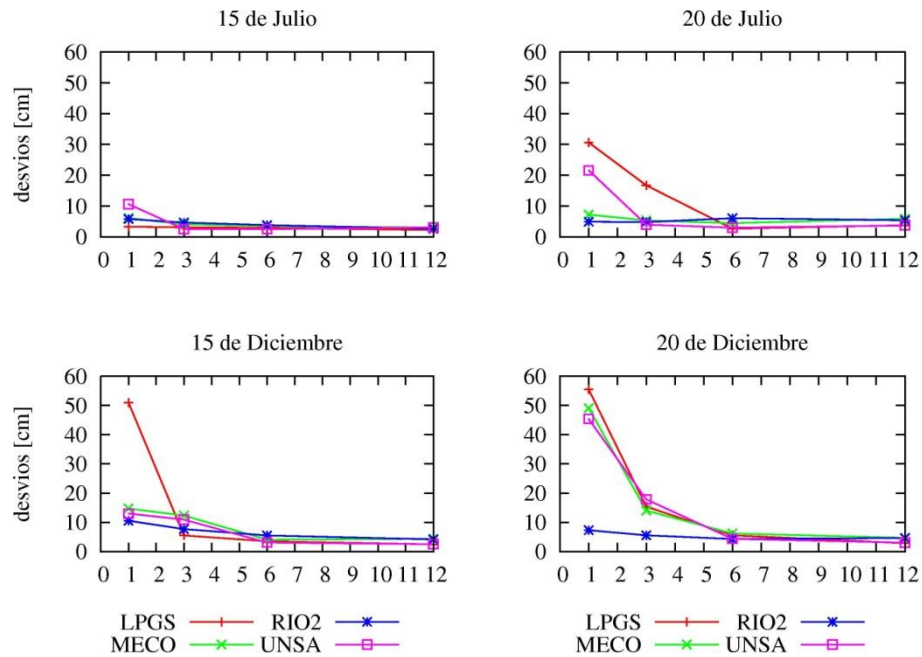


Figura 2: Módulo de la Diferencia Espacial entre Soluciones (MDES) obtenido para el servicio AUSPOS en los distintos intervalos de observación considerados y para diferentes épocas del año.

Figure 2: Module of the Spatial Difference between Solutions (MSDS) obtained by the AUSPOS service, considering different time spans and different epochs of the year.

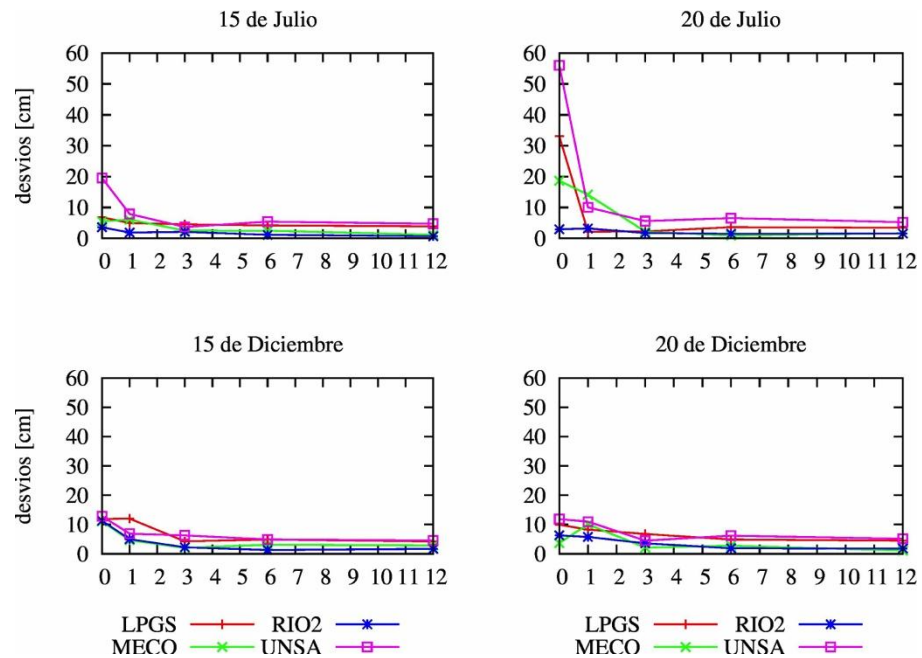


Figura 3: MDES obtenidos por el servicio CSRS y las de referencia para los distintos intervalos de observación considerados y para diferentes épocas del año.

Figure 3: MSDS obtained by the service CSRS, considering different time spans and different epochs of the year.

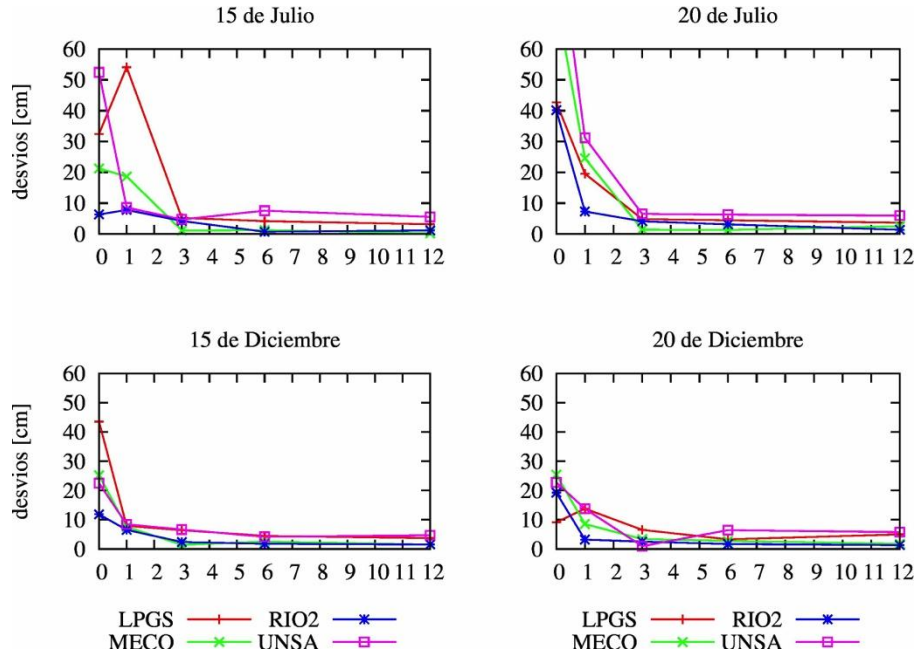


Figura 4: MDES obtenido para el servicio IBGE en los distintos intervalos de observación considerados y diferentes épocas del año.

Figure 4: MSDS obtained by IBGE service, considering different time spans and different epochs of the year.

Con el fin de poner en evidencia efectos relacionados con el tipo de órbitas GPS, este mismo análisis fue repetido haciendo uso de efemérides rápidas (Fig. 5). Si bien se trata de un único día, los resultados son similares a los obtenidos con efemérides precisas, luego de las 6 hs de observación.

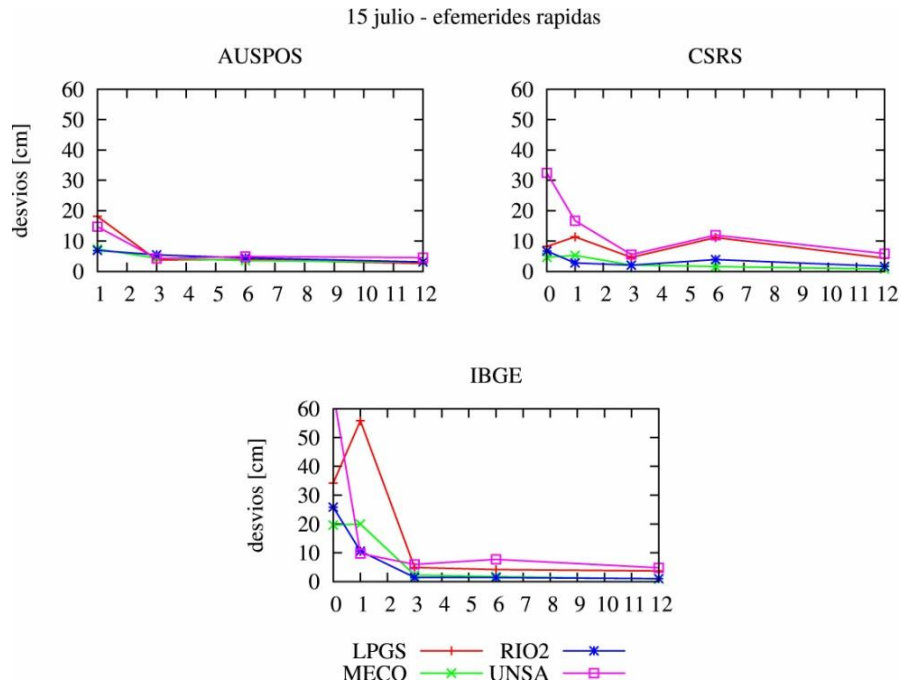


Figura 5: MDES obtenido para los 3 servicios, considerando distintos intervalos de observación y con efemérides rápidas. Luego de las 6 horas de medición, no se evidencian diferencias apreciables con los obtenidos utilizando efemérides precisas.

Figure 5: MSDS obtained by the services through different time spans and using rapid ephemeris. After 6 hs of observation, there are not remarkable differences with the results obtained using precise ephemeris.

Para poner de relieve ese fenómeno, en la Figura 6 se muestra el MDES obtenido para 12 hs de observación de dos días diferentes, con los distintos servicios y según el tipo de efemérides.

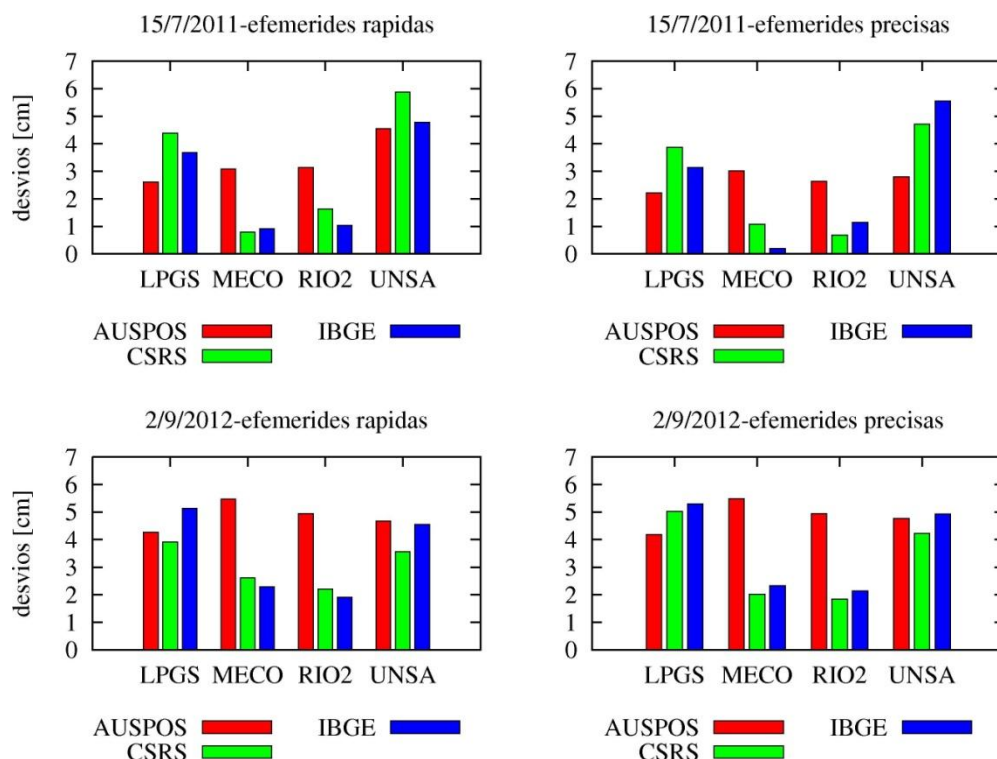


Figura 6: MDES obtenido para los tres servicios, según el tipo de efemérides. Se consideraron archivos de 12 hs de observación correspondientes a los días 15/7/2012 (superior) y 2/9/2012 (inferior).

Figure 6: MSDS obtained by the three services according to the use of rapid and precise ephemeris. 12 hours observations file from 2012/7/15 (upper) and 2012/9/2 (lower) were considered.

Se aprecia una aparente contribución de las efemérides precisas por sobre las rápidas para el día 15 de Julio de 2011. Leves mejoras manifiestan los servicios AUSPOS y CSRS sobre las coordenadas de las estaciones UNSA y LPGS. Aunque en MECO los desvíos del servicio CSRS se incrementan al emplear efemérides precisas, en ningún caso supera los 3 cm.

Los resultados de los servicios CSRS e IBGE, basados en la técnica PPP, son en general muy similares entre sí y marcadamente mejores que los aportados por AUSPOS en las estaciones MECO y RIO2. Los desvíos mostrados por AUSPOS en esta última estación, podrían estar ocasionados por la no utilización de modelos de carga oceánica en el servicio australiano; efecto que puede alcanzar 5 cm (Beutler, 2007).

La Tabla 1 muestra una síntesis de los valores de MDES correspondientes a las 4 estaciones, discriminando por servicio, tipo de efemérides e intervalo de medición.

MDES [cm] $\pm \sigma$ [cm]						
Servicios	AUSPOS		CSRS		IBGE	
Tiempo/Efem.	R	P	R	P	R	P
20 minutos			13 \pm 13	14 \pm 13	36 \pm 20	35 \pm 25
1 hora	8 \pm 6	21 \pm 18	9 \pm 6	7 \pm 3	24 \pm 22	15 \pm 13
3 horas	4 \pm 1	8 \pm 5	4 \pm 2	4 \pm 2	4 \pm 2	4 \pm 2
6 horas	4 \pm 1	4 \pm 1	7 \pm 5	3 \pm 2	4 \pm 3	3 \pm 2
12 horas	3 \pm 1	3 \pm 1	3 \pm 2	3 \pm 2	3 \pm 2	3 \pm 2

Tabla 1: Promedio y desviación estándar de los MDES. Los resultados se obtuvieron para las 4 estaciones, discriminando por servicio, intervalos de medición y el tipo de efemérides empleadas: rápidas (R) o precisas (P). Se incluyó 1 época para la determinación con efemérides rápidas y 4 épocas en el caso de efemérides precisas.

Table 1: Average and standard deviation of MSDS. It was performed on the solutions regarding the 4 stations and the 3 services, discriminating according to measurement intervals and type of ephemeris used: rapid (R) or precise (P). The statistics includes one epoch for rapid ephemerides and 4 epochs for precise ones.

De los resultados de la presente sección, se concluye: que la solución claramente mejora a partir de las 3 hs de medición; que luego de las 6 hs, la utilización de efemérides rápidas o precisas proporciona resultados equivalentes; que no existe influencia relacionada con la época del año.

Parte de estas conclusiones se contraponen con lo afirmado por Kechine et al. (2003) quien indica una mejora en un factor 2 de aquellas soluciones que involucran efemérides precisas por encima de las que tienden a obtenerse más rápidamente. Dada la época de esa publicación, es posible que los resultados del presente trabajo sean consistentes con la creciente mejora en la determinación de parámetros orbitales y de reloj, que incrementan la calidad de PPP y el posicionamiento diferencial.

Análisis de la calidad de los resultados según componentes N, E y U

En esta sección se hace hincapié en cada una de las componentes del vector posición: Norte (N), Este (E) y Altura (U, respetando su sigla en Inglés).

La Tabla 2 presenta una estadística de la diferencia según las distintas componentes, entre las coordenadas obtenidas a partir de los servicios y las de referencia, en valor absoluto. Al mismo tiempo, muestra la evolución de estas diferencias según el intervalo de tiempo de observación considerado. Como es de esperar, la calidad de las soluciones mejora al incrementar el tiempo de observación. También, se destaca la calidad en la componente N para los tres servicios, mientras las restantes, E y U, presentan cierta dificultad en su determinación para intervalos de tiempo de hasta 1 hora.

La componente E presenta los mayores errores, atribuibles probablemente a problemas con la variable rotacional. En U, las discrepancias se encuentran dentro de lo previsto para el posicionamiento con GPS.

Diferencias en las 3 componentes $\pm \sigma$ [cm]									
Servicios	AUSPOS			CSRS			IBGE		
Tiempos/componentes	N	E	U	N	E	U	N	E	U
20 minutos				3±2	10±11	8±9	5±4	19±16	23±26
1 hora	6±4	9±7	15±19	1±1	4±3	5±3	2±2	9±10	10±10
3 horas	4±2	5±4	5±4	1±1	3±2	1±1	1±1	3±2	2±1
6 horas	3±1	2±1	1±1	0.3±0.2	3±2	1±1	0.4±0.2	3±2	2±1
12 horas	3±1	2±1	1±1	0.4±0.2	3±2	1±1	0.4±0.2	3±2	1±1

Tabla 2: Promedio y desviación estándar de los MDES. La estadística incluye los resultados obtenidos para las 4 estaciones, haciendo uso de efemérides precisas; discriminando por servicio, intervalo de medición y componente.

Table 2: Average and standard deviation of MSDS. The statistics includes the obtained results on the 4 GPS stations, applying precise ephemerides. They are shown discriminated by services, observations time spans, and the three positioning components.

Los resultados de AUSPOS confirman lo mencionado por Koschel (2009), quien estima errores centimétricos para las tres componentes. CSRS e IBGE muestran por su parte, precisiones menores a las publicadas para intervalos de tiempo superiores a 6 hs.

Consideraciones sobre el envío de los datos

En la Figura 7 se presenta una copia del resultado proporcionado por el servicio AUSPOS, para un archivo de 1 hora de observación correspondiente al día 15 de Julio de 2011. Las dos salidas son el resultado del mismo archivo RINEX enviado el 5 de agosto de 2011 y 6 de septiembre de 2012.

En ambas circunstancias el procesamiento fue realizado utilizando efemérides precisas. Como puede apreciarse, no siempre se adoptan las mismas estaciones de referencia IGS. Éstas dependen de la época de envío y de la forma en que fue realizado. Esto último implica que de haberse enviado conjuntamente los archivos correspondientes a las observaciones de las estaciones UNSA y LPGS, es posible que UNSA no fuera adoptada como referencia para resolver la posición de LPGS. En tanto que si se enviaran ambos archivos por separados, UNSA podría considerarse como estación de referencia.

Por eso, las diferencias encontradas en las soluciones estimadas por AUSPOS, pueden atribuirse a que las estaciones IGS adoptadas como referencia difieren en cada procesamiento.

No obstante, las diferencias decimétricas son coherentes con lo expresado en la Tabla 1 para intervalos de 1 hora de observación.

3.1 Cartesian, ITRF2008

Station	X (m)	Y (m)	Z (m)	ITRF2008 @
LPGS	2780103.038	-4437418.998	-3629404.469	15/07/2011
BOGT	1744398.990	-6116037.248	512731.817	15/07/2011
BRAZ	4115014.113	-4550641.599	-1741443.864	15/07/2011
BRFT	4985393.583	-3954993.466	-428426.620	15/07/2011
CRO1	2607771.274	-5488076.606	1932767.876	15/07/2011
ISPA	-1881703.204	-5359979.847	-2890599.248	15/07/2011
MANA	407981.924	-6222925.723	1333529.035	15/07/2011
OHI2	1525812.029	-2432478.248	-5676165.597	15/07/2011
PALM	1192672.055	-2450887.667	-5747096.055	15/07/2011
SANT	1769693.393	-5044574.225	-3468320.979	15/07/2011
VESL	2009329.894	-99741.475	-6033158.398	15/07/2011

3.1 Cartesian, ITRF2008

Station	X (m)	Y (m)	Z (m)	ITRF2008 @
LPGS	2780103.036	-4437419.258	-3629404.558	15/07/2011
BOGT	1744398.960	-6116037.246	512731.835	15/07/2011
BRAZ	4115014.206	-4550641.545	-1741443.811	15/07/2011
BRFT	4985393.571	-3954993.456	-428426.581	15/07/2011
CONZ	1492006.677	-4887910.676	-3803640.055	15/07/2011
COYQ	1391587.372	-4255574.530	-4527925.850	15/07/2011
ISPA	-1881703.077	-5359979.799	-2890599.281	15/07/2011
OHI2	1525812.122	-2432478.251	-5676165.521	15/07/2011
PALM	1192672.148	-2450887.666	-5747095.969	15/07/2011
PARC	1255992.654	-3622975.189	-5079719.149	15/07/2011
SANT	1769693.755	-5044574.177	-3468320.923	15/07/2011
UNSA	2412830.616	-5271936.812	-2652208.932	15/07/2011

Figura 7: Extracto del reporte de resultados obtenidos por AUSPOS para la estación LPGS, luego de enviar el archivo de 1 hora de observación correspondiente al día 15 de Julio de 2011. El panel superior muestra las coordenadas obtenidas habiendo enviado los datos el día 5 de Agosto de 2011. El panel inferior es producto del envío del mismo archivo el día 6 de septiembre de 2012. En rojo están marcadas las diferencias: coordenadas obtenidas y estaciones de referencia de cada solución.

Figure 7: Report part of the results obtained with AUSPOS service for LPGS station, after sending 1 hour observation data file corresponding to July 15 2011. The upper panel shows the obtained coordinates after sending the data on the 5th of August. The lower panel depicts the results after sending the same file on the 6th of September 2012. The differences are marked in red: obtained coordinates and reference stations in which both solutions differ.

En la Figura 7 se observa que no sólo se han empleado distintas estaciones de referencia, sino que las coordenadas finales de las mismas son distintas en ambas soluciones. Esto se debe a que el Bernese GPS Software (Beutler, 2007), programa de procesamiento utilizado por este servicio, estima, en cada ajuste, las coordenadas de acuerdo con las estaciones de referencia adoptadas; para las cuales se introducen condicionamientos de manera que sus coordenadas no son fijadas.

CONCLUSIONES

Los servicios internacionales de posicionamiento preciso online CSRS, AUSPOS e IBGE, han demostrado ser de fácil acceso y manejo para cualquier usuario. La utilización de 4 estaciones de la red RAMSAC y coordenadas SIR11P01, permitió analizar la calidad de los resultados provistos por aquellos servicios, en distintos puntos del territorio argentino.

La consideración de paquetes GNSS de distinto tiempo de observación permitió confirmar que la solución converge a la esperada a medida que el tiempo se incrementa. Diferencias que con una hora de observación o menos alcanzan 60 cm, a las 3 hs de medición se ubican por debajo de los 10 cm y luego de 6 horas o más, disminuyen a unos pocos centímetros. En estas condiciones, es importante considerar que los resultados de los servicios están expresados en el marco de referencia ITRF2008, para la época de observación.

De acuerdo con este estudio, las 6 horas de medición establecen un límite entre la necesidad o no de la utilización de efemérides precisas. Luego de 6 hs, las precisiones alcanzadas en ambos casos son centimétricas, indicando que no se requiere esperar 15 días para procesar los datos y obtener precisiones mejores que el decímetro.

Con referencia a las componentes, N, E y U, la primera es la mejor estimada. Este resultado fue observado en todos los intervalos de medición, en particular para los inferiores a 3 horas.

No se apreciaron efectos dependientes de la localización geográfica de las estaciones, exceptuando algunos valores anómalos brindados por AUSPOS en la estación RIO2. La proximidad de esta estación a la costa, permite especular sobre los eventuales efectos de la carga oceánica, no considerada en AUSPOS.

El análisis de los tres servicios, en diferentes condiciones, mostró que la calidad de los resultados fue, en términos generales, compatible con la prevista por aquellos. Sólo en el caso de AUSPOS su precisión se ve ligeramente sobreestimada. AUSPOS proporcionó las soluciones más estables, mientras que CSRS junto con IBGE, presentaron los desvíos más pequeños luego de 6 horas de medición.

Los resultados expuestos son coherentes con los de otros estudios, como los de Koschel (2009), Dawson (2011) o Ebner and Featherstone (2008), y ratifican que estos servicios pueden ser muy útiles, particularmente en regiones aisladas geodésicamente.

REFERENCIAS

- Altamimi J., X. Collilieux and L. Métivier, 2011. ITRF2008: an improved solution of the international terrestrial reference frame. *J Geod.* 85: 457–473. DOI 10.1007/s00190-011-0444-4.
- AUSPOS, Geoscience Australia. <http://www-b.ga.gov.au/bin/gps.pl>
- Beutler, G., H. Bock, R. Dach, R. Fridez, A. Gäde, U. Hugentobler, A. Jäggi, M. Meindl, L. Mervart, L. Prange, S. Schaer, T. Springer, C. Urschl and P. Walser, 2007. Bernese GPS Software version 5.0. Astronomical Institute, University of Bern.
- CSRS, Recursos Naturales Canadá. http://www.geod.nrcan.gc.ca/index_e.php
- Dawson, J., R. Govind and J. Manning, 2011. The AUSLIG Online GPS Processing System (AUSPOS). Technical Report.
- Ebner and W. Featherstone, 2008. How well can online GPS PPP post-processing services be used to establish geodetic survey control networks? *Journal of Applied Geodesy* 2, 149–157
- Ge M., J. Chen, J. Dousa, X. Li, G. Gendt and J. Wickert, 2011. Development of the GFZ Real-Time Precise Point Positioning Service. EGU General Assembly Vienna, Austria, 3-8 April 2011.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística. <http://www.ibge.gov.br/espanhol/>
- IBGE. Coordenação de Geodésia-Diretoria de Geociências, 2009. Manual do Usuário Posicionamento por Ponto Preciso.
- ICSM, 2009. Geocentric Datum of Australia, Technical Manual, Version 2.3. ISBN 0-9579951-0-5.
- Kechine, M. O., C. C. J. M. Tiberius and H. van der Marel, 2003. Experimental verification of Internet-based Global Differential GPS. ION GPS/GNSS 2003. Portland, OR.
- Koschel, M., 2009. Investigation into Reliability of AUSPOS Coordinate Data (Specifically Height). Bachelor Degree Thesis. University of Southern Queensland.
- Lyard, F., F. Lefevre, T. Letellier and O. Francis, 2006. Modelling the global ocean tides: insights from FES2004. *Ocean Dynamics*, 56, 394-415.
- Sánchez, L. and M. Seitz, 2011. Recent activities of the IGS Regional Network Associate Analysis Centre for SIRGAS (IGS RNAAC SIR). DGFI Report No. 87.
- Zumberge, J. F., M. B. Heflin, D. C. Jefferson, M. M. Watkins, and F. H. Webb. 1997. Precise Point Processing for the Efficient and Robust Analysis of GPS Data from Large Networks, *J. Geophys. Res.* 102 (B3), 5005-5017.

Aceptado: 12-09-2013

Recibido: 06-12-2012